

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 56-032655

(43)Date of publication of application : 02.04.1981

(51)Int.Cl.

H01J 37/04
H01J 37/305
H01L 21/30

(21)Application number : 54-107168

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.08.1979

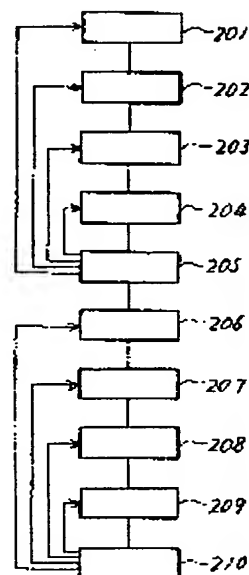
(72)Inventor : TAKIGAWA TADAHIRO

(54) ELECTRON BEAM DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To promptly and correctly perform the control of an electron beam, by separately controlling the channels of light source and imaging from each other.

CONSTITUTION: In a light source block constituted by an electron gun 201, electron lens 203, electron gun axis alignment channel 202, astigmatic correction lens 204 and the first detection channel 205, a luminance of crossover, shape of crossover, three-dimensional space position of crossover and the direction of current emitted from the crossover are controlled. The shape of a beam is detected by the first detection channel 205 and fed back to the electron gun 201 or the astigmatic correction channel 204. The control quantity of an imaging block, constituted by a condenser lens 206, astigmatic correction lens 208, lens axis alignment channel 207, objective lens 209 and the second detection channel, relates to a beam current, beam shape and focusing.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

①⑨ 日本国特許庁 (JP)

①① 特許出願公開

①② 公開特許公報 (A)

昭56—32655

⑥Int. Cl.³
H 01 J 37/04
37/305
H 01 L 21/30

識別記号

庁内整理番号
7227—5C
7227—5C
6741—5F

④③公開 昭和56年(1981)4月2日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 6 頁)

④④電子線装置

川崎市幸区小向東芝町1 東京芝
浦電気株式会社総合研究所内

②特 願 昭54—107168
②出 願 昭54(1979)8月24日
②発 明 者 滝川忠宏

⑦出 願 人 東京芝浦電気株式会社
川崎市幸区堀川町72番地
⑦代 理 人 弁理士 則近憲佑 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

電子線装置

2. 特許請求の範囲

(1) 電子線を放射する電子銃と、この電子銃と被照射物間に順次配設される N 個 ($N \geq 2$) の電子レンズと、前記電子銃もしくはこの電子銃から m 番目 ($m \leq N-1$) の前記電子レンズの作るクロスオーバーの形状、消容、輝度、位置及びビーム放射方向の少なくとも1種の第1制御量を検出する第1の検出手段と、この検出手段から得られる検出信号に基づき前記第1制御量を制御する第1の制御手段と、前記クロスオーバーを光源として得られる前記被照射物上の電子線像の形状、大きさ及びビーム電流の少なくとも1種の第2制御量を検出する第2の検出手段と、この検出手段から得られる検出信号に基づき前記第2制御量を制御する第2の制御手段とを具備した電子線装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は電子線装置、特に電子線顕微鏡装置の照射系の制御装置に関する。

例えば円形ガウシアンビーム、即ちクロスオーバーを試料に照射する電子線顕微鏡装置においては、精度が要求されない場合には大きなビーム径で、精度が要求される場合には小さなビーム径で描画を行なうことにより、描画速度向上が図られている。又、電子線顕微鏡装置に於いて描画されたマスクの歩留り向上の観点から、所望ビーム径を得る為輝度を一定に保つたままビーム径を $0.1 \mu\text{m}$ ほどに窄めることが要求されている。そのうえ描画パターン精度の観点から、ビーム径、ビーム電流、ビームの形状(例えば真円度)の厳密な制御が要求されている。

従来の電子線装置におけるビーム電流、ビーム径、ビーム形状を制御する方法を第1図に示すブロック図を用いて説明する。図に於いて、101は電子銃、102は電子銃軸合わせ系、103はコンデンサーレンズ、104はレンズ軸合わせ系、105はビーム系を補正する非点補正レンズ、106は対物レ

(1)

(2)

レンズ、107は電子線の検出系であり、この後に被照射物である試料が配置されている。検出系ではビーム電流、ビーム径、ビームの形状を検出する。これら三つの制御量が目標値に到達しない場合は、掃選量を上記六つの操作対象へ掃選する。この場合第1図に示すように掃選ループは多重ループになっている。そして外側のループの制御は内側のループに影響を与えず干渉する。例えばビーム電流とビーム径を測定し、輝度が目標値に到達してなかったとする。このとき輝度Bは

$$B = AI/d^2 \quad (1)$$

で与えられる。ここでIはビーム電流、dはビームの直径、Aは装置に固有な係数である。Bは電子銃の状態によつて決定される量である。そこで電子銃101を操作し輝度を制御する。しかし電子銃101の状態を変化させると電子線の状態も変化してしまう。そこでビーム電流とビーム径の再設定値を測定するためには、電子銃101、融合合わせ系102、レンズ融合合わせ系104、非点補正系105、対物レンズ106の最適状態を求め直さなければな

(B)

明する。図に於いて201は電子銃、203は電子銃の作るクロスオーバーの光軸方向(Z方向)を制御する為の電子レンズ、202は電子銃融合合わせ系、204はビーム径を補正する非点補正レンズ、205は第1検出系、206はコンデンサーレンズ、208はビーム径を補正する非点補正レンズ、207はレンズ融合合わせ系、209は対物レンズ、210は第2検出系である。電子銃201から第1検出系205までを光源ブロック、コンデンサーレンズ206から第2検出系210までを結像ブロックと呼称することとする。

光源ブロックではクロスオーバーの輝度、クロスオーバー形状、クロスオーバーの三次元空間位置、クロスオーバーから放射される電流の方向が制御される。電子銃203の倍率を一倍程度にすれば、第1検出系205付近のクロスオーバー直径は $30 \sim 10 \mu m$ で、ビーム径測定誤差は再現性も含めて高々 $0.2 \mu m$ であるから、上記第(1)式より輝度の測定誤差は高々4倍となる。従つて正確な輝度測定が可能となる。又掃選ループの重なり

(6)

特開昭56-32655(2)

らない。このようにループが多重になつている為、制御量を収束させるのに極めて長時間が必要とされる。又、現在の技術レベルでは、ビーム径の測定精度と再現性はそれぞれ $0.1 \mu m$ 、総合的な精度は $0.2 \mu m$ 程度である。同じ理由からビームの真円度も $0.1 \mu m$ 程度の精度においてしか測定できない。従つて円形ビームの輝度の誤差は再現性も含めると100%以上にも達する場合がある。このようにことから従来装置ではビーム電流とビーム径を共に制御することはさらに精度の低下を招く為困難であつた。

本発明はこのような事情に鑑みなされたもので、その目的とするところは、光源系と結像系の制御を各々独立に行ない、電子銃の制御を迅速にしかも正確に実施できるようにした電子銃装置を提供するものである。

以下本発明の詳細を図面を参照しながら説明する。

先づ本発明におけるビーム径とビーム電流とビーム形状の制御の基本的原理を第2図を用いて説

(A)

が少ないので、すみやかに輝度の制御を実行できる。電子銃のカソード加熱電流が低かつたり、カソードに対するウエネルトバイアス電圧が低かつたりするとホロービームや複数ビームとなつてしまい不都合となる。このような複数ビームの叙述は文献J.Vac.Sci.Technology,10,972,1973年

「Optimization of Performance of High-Brightness Electron Gun」に詳しく述べられている。ビームの形状は第1検出系で検出され電子銃201ないし非点補正系204に掃選されることになる。

結像ブロックの制御量はビーム電流、ビームの形状、焦点合わせである。上記第(1)式の関係があるから、輝度が決定されている状態ではビーム径はビーム電流により決定される。従つてビーム径の制御はこの結像ブロックに於いては必要でない。クロスオーバーの三次元空間の位置と、クロスオーバーから放射される電流の方向はすでに制御されているから、光源ブロックと結像ブロック間の干渉はビーム電流だけである。コンデンサーレンズ206を操作すると、輝度一定の条件でビーム電

(6)

流を変えることができる。しかしコンデンサーレンズ206の操作により焦点、光軸及び非点の大きさと方向が変化するので、非点補正レンズ208、レンズ軸合わせ系207、対物レンズ209、の最適状態を再設定する必要がある。このように構成されたシステムに於いて光源ブロック及び結像ブロック中の各制御量の選択は、必要な露光システムに応じたものを選べばよい。例えば、光源ブロックの制御量を輝度のみにもすることも可能である。

以上のように光源ブロックと結像ブロックとを分離して制御することにより、ビーム制御の最適ループの重なりが少なくなると共に、正確な輝度測定ができる。それら迅速にしかも精度よく光源系と結像系を制御できることを意味する。

次に本発明の具体的な一実施例を第3図を用いて説明する。図中301は電子銃、302は陽極、318はウエネルト電極、303は電子銃の作るクロスオーバー点、304は電子銃第1軸合わせ系、305は電子銃第2軸合わせ系、306はビーム歪を補正する非点補正レンズ、307は電子レンズ、

(7)

369、370は電子銃軸合せ第2アパーチャー312の吸収電流をデジタル量に変換するA-D変換器と増幅器、371はユニット351から369までと電子計算機396を有機的に結ぶインタフェースである。以上が光源ブロック電気系構成である。次に320はコンデンサーレンズ、321はレンズ軸合わせ系、322は非点補正レンズ、323は位置決め偏向系、324は対物レンズ、325は反射電子抽出器、326はフラデーカップ、327は試料面と同一面上にある重金属微粒子、328は試料面と同一平面上にあるナイフエッジで以上が結像ブロックである。381、382はコンデンサーレンズ320を操作するD-A変換器と増幅器、383、384はレンズ軸合わせ系321を操作するD-A変換器と増幅器、385、386は非点補正レンズ322を操作するD-A変換器と増幅器、387、388は位置決め偏向系323を操作するD-A変換器と増幅器、389、390は対物レンズ324を操作するD-A変換器と増幅器、391、392は反射電子信号をデジタル量に変換するA-D変換器と増幅器、393、

(9)

特開昭56-32655(3)

308は反射電子抽出器、309は位置偏向系、310は1 μ m程度の重金属微粒子、311は電子銃軸合せ第1矩形アパーチャー、313はフラデーカップ、314は電子銃軸合せ第2アパーチャー、315はクロスオーバー点である。以上301から314及び318までが電子銃ブロックの電気系構成である。351、352は電子銃カソード加熱電流を操作するD-A変換器と増幅器、353、354はカソード・ウエネルト電極間バイアス電圧を操作するD-A変換器と増幅器、355、356は電子銃第1軸合せ系304を操作するD-A変換器と増幅器、357、358は電子銃第2軸合せ系305を操作するD-A変換器と増幅器、359、360は非点補正レンズ306を操作するD-A変換器と増幅器、361、362は電子レンズ307を操作するD-A変換器と増幅器、363、364は位置偏向系309を操作するD-A変換器と増幅器、365、366は反射電子信号をデジタル量に変換するA-D変換器と増幅器、367、368はフラデーカップ313電流をデジタル量に変換するA-D変換器と増幅器、

(8)

394はフラデーカップ326電流をデジタル量に変換するA-D変換器と増幅器である。以上が結像ブロックの電気系構成である。

次に上述した実施例の動作を説明する。電子銃301の作るクロスオーバー303は電子レンズ307でほぼ一倍の倍率をもつて矩形アパーチャー311の位置に結像される。矩形アパーチャー311上における電子レンズ307の焦点合わせは、矩形アパーチャーの一边312上を位置偏向系309により電子線走査しその反射電子信号の立ち上がりが最小となるようにして実行される。焦点合わせの後にはビームの形状が解析され補正される。ビーム形状は矩形アパーチャー311上の重金属微粒子310からの反射電子信号を抽出し、その信号を計算機396により解析して判断される。重金属微粒子310を用いた電子ビーム形状のモニタの方法はすでに公知であるので詳細な説明は省略する。電子ビームの形状がホロービームかあるいは複数ビームである場合は、電子銃301のカソード加熱電流ないしウエネルト318のバイアス電圧をD-A変換

09

器 351 ないし 353 により操作してカソード温度を上げるかバイアス電位を高くする。電子ビームの形状が楕円形になっている場合は非点補正レンズ 306 を操作して非点収差を除き円形にする。ビームの形状が円形上に矯正された後、矩形アパーチャ 311 の一辺 312 をナイフエッジとして利用し、ビーム走査によりアパーチャから得られる信号によりビームの直径が測定される。矩形アパーチャ 311 上におけるビームの直径は $30 \sim 10 \mu\text{m}$ であるから、 $0.2 \mu\text{m}$ 程度の測定誤差は先に説明したように高々 4 分の程度の精度測定誤差にしかない。矩形アパーチャ 311 上に集束するビームの電流はフラデーカップ 313 により検出される。このようにして矩形アパーチャ 311 上のクロスオーバー像 315 の直径とビーム電流が計測され、輝度が算出で求められる。輝度はカソード温度とバイアス電位の明瞭であるから、目標値に対する誤差は電子銃に帰還され、電子銃に制御される。

クロスオーバーの像 315 の光軸方向 (Z 方向) の位置制御は電子レンズ 307 を用いてクロスオー

(31)

バー像 315 の位置を決定する。例えば電子銃 301 の交換によりクロスオーバー 303 の Z 方向位置が変化した場合、クロスオーバーの像を前述した方法で焦点合わせを行ない、矩形アパーチャ 311 上に結像させれば、クロスオーバー像の Z 方向の位置は矩形アパーチャ 311 上に決定される。

クロスオーバーの像 315 の $x-y$ 平面上の位置は次の方法で制御される。まず矩形アパーチャ 311 上を $x-y$ 両方向に電子銃第 1 融合わせ系 304 を用いて電子線を走査し、矩形アパーチャ 311 の辺と電子ビームの相互作用により生ずる反射電子を検出し、矩形アパーチャ 311 の四つの辺のクロスオーバー像 315 に対する位置を決定する。次に四つの辺の位置から、矩形アパーチャ 311 の中心が求められ、クロスオーバー像の中心が矩形アパーチャ 311 の中心に一致するよう電子銃第 1 融合わせ系 304 を操作する。クロスオーバーでは電子線密度が大きく、長時間矩形アパーチャ 311 上にクロスオーバー像を結像させておくと、

(32)

矩形アパーチャは汚染するか変形してしまふ。それ故矩形アパーチャ 311 の大きさはクロスオーバー像よりも大きく設定し、クロスオーバー像位置を検出する場合以外はクロスオーバー像 315 とアパーチャ 311 の相互作用はないようにする。

クロスオーバー像 315 からの電子ビームの放射角の制御は、アパーチャ 314 の吸収電流が最小となるよう電子銃第 2 融合わせ系 305 を操作して行なわれる。アパーチャ 314 の付近では電子ビームは発散しており電子線密度は小さい。それ故、電子線はアパーチャ 314 に常に衝撃する機構としてよい。

クロスオーバー像 315 の $x-y$ 平面上の位置と電子ビームの放射角の制御は互に干渉しあうから、電子銃第 1 及び第 2 融合わせ系 304, 305 の操作は交互にくり返しくり返し行なわなければならない。

以上の動作で (1) クロスオーバー像の位置 (2) クロスオーバー像の位置 (3) クロスオーバー像から放射される電子ビーム方向 (4) クロスオーバー像の形状が制御され、さらにクロスオーバー像の直径を計

(33)

算機 396 に記憶できる。

結像ブロックの電子銃はクロスオーバー像 315 である。結像ブロックから電子銃を見た場合、電子銃は上述した (1) から (4) の像が制御されている。従つて電子銃が不明確なために生ずる複雑な制御問題を結像ブロックはもたなくもよいことになる。結像ブロックの動作は次のようになる。まずフラデーカップ 326 でビーム電流を検出し、それが最大となるようレンズ融合わせ系 321 を操作する。融合わせが完了した後ビーム電流が目標値に達しなかつたら、コンデンサーレンズ 320 を操作して制御する。なおコンデンサーレンズ 320 の操作を行なうと、ビームの形状が変化し再びレンズ融合わせが必要となる。次にナイフエッジ 328 と電子ビームの相互作用から生じる反射電子信号から、対物レンズ 324 を操作して不足焦点 (あるいは過焦点) の状態を作る。不足焦点の状態では、電子線微粒子 (約 $0.1 \mu\text{m}$ のタングステンカーバイトが満している) 327 によりビーム形状を検出し、ビーム形状が円形となるよう非点補正レンズ 322 を

(34)

操作する。非点補正が終了したならばナイフエッジ328からの反射電子信号の立ち上がりが最小となるよう対物レンズ324を操作して焦点合わせを遂行する。焦点合わせ時にビーム径の検出を行なうが、制御は行なわれない。これは輝度が制御されているからビーム電流を制御しさえすれば上記第(1)式からビーム径も同時に決定されてしまうからである。

以上のように構成された装置は次の種々な利点がある。即ち、従来の装置では $1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ のビーム径を測定し、その結果に基づき輝度を求めている。その為ビーム径の測定誤差及び再現性がそれぞれ $0.1 \mu\text{m}$ 程度であるから、輝度の検出誤差は再現性も含めると $40 \sim 120$ 多にも達した。又帰還ループの重なりが多く、輝度の安定に10分間近くも要した。これに対し本発明では $30 \sim 10 \mu\text{m}$ のクロスオーバー直径を測定し輝度を求めている。従つて輝度の検出誤差は再現性も含めて高々4多程度まで低減できる。又帰還ループの重なりも少ないので安定時間を約1分以内に短縮することが

(55)

オーバーを指定する事は電子線装置にとつてもつとも基本的量だからである。この場合、ビーム形成用の2個のアパーチャ及びこれらアパーチャ間に配列される偏向コイルは結像ブロックに設けられ、第1のアパーチャ光源がクロスオーバー315となる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は従来の電子線装置の一例を示すブロック図、第2図は本発明の基本的原理を示すブロック図、第3図は本発明の一実施例を示す配置図である。

301…電子銃、303…クロスオーバー、304、305…電子銃軸合わせ系、306…非点補正レンズ、307…電子レンズ、308…反射電子検出器、309…走査偏向系、310…重金屬微粒子、311…矩形アパーチャ、313…フラデーカップ、315…クロスオーバー像、314…アパーチャ、320…コンデンサーレンズ、321…レンズ軸合わせ系、322…非点補正レンズ、323…位置決め偏向系、324…対物レンズ、325…反射電子検出器、326

(56)

特開昭56-32655(5)

できる。又従来の装置では電子源の位置、放射方向、形状が不明でそのために電子銃ブロックと電子光学ブロックの和集合である電子照射系の制御は複雑で困難であつた。本発明では電子照射系を光源系と結像系に分離しそれらの系を制御するので、電子照射系が明瞭となり、制御しやすい。電子線顕微鏡装置のように高解像度しかも高信頼性を要求される装置では電子照射系の明瞭さは必須である。

尚上述した実施例における電子レンズ307は、複段から構成されていてもよい。例えば電子レンズ307が二個のレンズから構成された場合、クロスオーバーの2方向位置ばかりか、クロスオーバーの直径もさらに制御可能となる。なお電子レンズ307を除いた省略型もある。この場合にはクロスオーバー位置2方向の厳密な制御はできない。

近年アパーチャ像を投影する型の電子線顕微鏡装置が発表されている。このような装置においても光源ブロックと結像ブロックを分離し、クロスオーバーを制御することは有効である。クロスオ

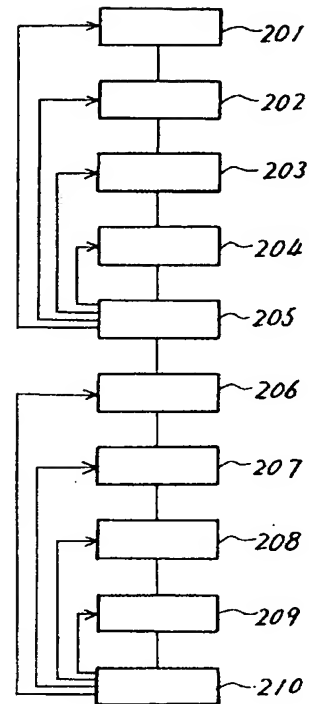
(57)

…フラデーカップ、327…重金屬微粒子、328…ナイフエッジ、352、354、356、358、360、362、364、366、368、370、382、384、386、388、390、392、394…増幅器、351、353、355、357、359、361、363、381、383、385、387、389…D/A変換器、365、367、369、391、393…A/D変換器、371、395…インターフェース、396…計数機。

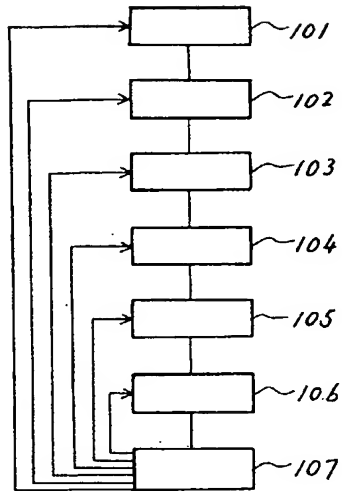
代理人 弁理士 則 近 廣 佑 (同 名 1 名)

(58)

第 2 図



第 1 図



第 3 図

